

Н. В. Карлыханов, А. В. Румянцева,  
*Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

## **ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ТРУБОПРОВОДОВ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Currently, the problem of oil leakage is very urgent. This is also due to the insufficient reliability of the protective coatings of pipelines. This leads to economic losses and environmental damage. The article discusses the main ways of protecting pipelines and proposes new effective protective coatings for pipelines.

В современном мире экономика многих стран привязана к добыче углеводородного сырья (нефть, природный газ, попутный нефтяной газ и т. д.). Добыча углеводородов, в особенности нефти, является выгодным и необходимым делом. В процессе добычи углеводородов нефтяные компании сталкиваются с воздействием различных осложняющих факторов. Одним из самых весомых факторов, который осложняет не только добычу, но и дальнейшую транспортировку нефти, является коррозионное воздействие на металл трубной продукции.

В мире коррозия ежегодно приводит к колоссальным убыткам в нефтегазовой отрасли, причем основной ущерб, причиняемый ею, заключается не в потере металла как такового (в мире до 20 % металла в год «уходит» именно в коррозионные отходы), а в разрушении дорогостоящих изделий и оборудования [1]. Еще больший ущерб наносят косвенные потери при простоях оборудования при замене прокорродировавших деталей и узлов, утечке нефти и газа, нарушении технологических процессов,

Утечка нефти и газа несет в себе не только экономические потери для нефтегазодобывающих компаний, но и экологический ущерб окружающей среде. По информации руководителя энергетической программы Greenpeace Владимира Чупрова, при попадании в почву всего лишь 1 м<sup>3</sup> нефти, площадь загрязнения поверхностных грунтовых вод может составить 5000 м<sup>2</sup> [2].

Потери нефти и нефтепродуктов происходят на всех этапах нефтепользования. По различным оценкам средний показатель утечек нефти в почву составляет 2–10 % от общего количества добытой нефти. А значит при

показателе добычи в 550–600 млн т в год, ежегодно разливается на почву не менее 11–60 млн т нефти в год [2]. По данным Правительства ежегодно происходит утечка, попадающая в реки, которые впадают в Северо-Ледовитый океан, в размере 500 тысяч тонн нефти в год. По оценкам Greenpeace, общее количество утечек оценивается в 5 млн т нефти ежегодно [2].

Коррозионному воздействию в основном подвержена трубная продукция (насосно-компрессорные трубы (НКТ), линейные и магистральные трубопроводы, фонтанная арматура и т. д.), количество аварий связанных с отказом НКТ достигает до 80 % от общего числа аварий скваженного оборудования, и основная причина – разрушение резьбового соединения. Если же учесть, что как при авариях, так и при нормальной эксплуатации объектов нефтедобычи и нефтетранспортировки, сопровождаемых утечками нефтепродуктов, проводятся в обязательном порядке работы по ликвидации последствий этих утечек. Это порождает довольно актуальную проблему, как с экономической, так и экологической точки зрения.

Таким образом, одним из ключевых вопросов, который возникает при добыче и транспортировке нефти, является вопрос предельного срока эксплуатации трубной продукции.

Можно выделить следующие основные способы защиты трубной продукции от коррозии [3]:

- применение веществ – ингибиторов;
- использование труб из низколегированных сталей;
- защита поверхности труб противокоррозионными покрытиями;
- герметизация резьбовых соединений трубопроводов.

Эти способы позволяют продлить срок эксплуатации труб и снизить риск возникновения аварии ввиду преждевременного выхода из строя.

Опыт прошлых лет показывает, что применение ингибиторов требует постоянных эксплуатационных затрат, связанных с расходами ингибиторов, а также с постоянным контролем защитной способности ингибиторов.

Использование труб из низколегированных сталей показало свою неэффективность на мелких месторождениях, которые в настоящее время являются привлекательными с точки зрения экономики. Стоит отметить, что использование таких труб не решает главную проблему – увеличение износостойкости и срока службы резьбовых соединений трубопроводов.

С учетом этих факторов нефтяные компании все больше смотрят в сторону применения различных защитных покрытий. На это могут указывать инвестиции в данную сферу от таких крупнейших компаний, как Лукойл, Газпромнефть, Татнефть и другие.

К преимуществам данного метода защиты также относятся отсутствие влияния на прочностные характеристики НКТ, отсутствие сужения проходного сечения, высокие барьерные свойства к воздействию  $\text{CO}_2$ - и  $\text{H}_2\text{S}$ -содержащим средам, а также к растворам щелочей и кислот, стойкость к наличию бактерий и механическому износу. Недостатками являются ограничения эксплуатации по температурным условиям, необходимость подбора материала с контролем качества. В настоящее время производители выпускают НКТ с эпоксидными, силикатно-эмалевыми и термодиффузионными цинковыми покрытиями (первые и последние являются наиболее распространенными).

Высокий спрос нашли полимерные материалы для создания защитных покрытий. Они также активно используются в промышленности. Полимеры отличаются отличными износостойкими характеристиками, также есть возможность нанести материал как изнутри, так и снаружи труб различного назначения. Результаты эксплуатационных испытаний в различных условиях нефтедобычи показали значительное увеличение коррозионной стойкости и увеличения срока эксплуатации труб нефтяного сортамента [3].

Для защиты труб изнутри используются порошковые и жидкие вещества на основе эпоксидных смол. Количество наносимых слоев материала зависит от требований к конкретному покрытию и характеристики материала. Значение одного слоя может варьироваться от 200–1500 мкм. Также необходимо отметить,

что такие покрытия отличаются повышенной стойкостью к абразивному износу и воздействию нефтепродуктов и разных химических реагентов [5].

Внешний визуальный осмотр испытываемых труб в течение 6 месяцев показал, что трубы были покрыты лишь тонким слоем (0,2 мм) смеси неорганических веществ с нефтепродуктами. Для сравнения результат испытания труб без покрытия показали слой отложений толщиной до 20 мм, а также после снятия этого слоя были обнаружены коррозионные повреждения глубиной 3 мм. Также исследования показали [5], что данные покрытия позволяют продлить пропускную способность труб в течение долгого срока эксплуатации. Следовательно, такие данные покрытия, предоставляют не только эффективную защиту от коррозии, но и позволяют увеличивать пропускную способность труб, а также уменьшить количество отложений на внутренней стороне трубы.

Также стоит отметить применение дополнительного оборудования при монтаже, для труб с внутренним эпоксидным покрытием с целью исключения повреждений зон сварного шва. Для этого используют специальные подкладные кольца. Учитывая положительные результаты эксплуатации труб с установленным слоем покрытия и перспективность их сбыта, ряд заводов стран СНГ освоили технологии производства данных покрытий и продолжают совершенствовать эти технологии.

Так, например, предприятие ООО «Техномаш» (является частью международного холдинга «*Hilong Group*»), производит свою собственную серию покрытий для внутренней части труб нефтяного сортамента. Данные покрытия обеспечивают защиту от всех видов коррозионных повреждений, также защищают от асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), солеотложения и истирания штанг установки штангового глубинного насоса (УШГН) (см. табл.).

Основной технологический процесс производства данных покрытий состоит из четырех стадий:

- 1) входной контроль;
- 2) подготовка посредством термической и пескоструйной обработки;

- 3) нанесение первого слоя покрытия на трубу и его полимеризация;
- 4) нанесение основного слоя покрытия и его полимеризация.

Затем готовые трубы проходят стадию маркировки и упаковки.

Таблица

Линейка покрытий серии TC3000

Фактор	ТС 3000F	ТС 3000C	ТС 3520A	ТС 3000FP	ТС 3500
Коррозия общая и CO <sub>2</sub>	+	+	+	+	+
Коррозия H <sub>2</sub> S	–	–	+	+	–
АСПО	+	+	+	+	+
Истирание /УШГН	–	–	+	–	–
T, °C <i>max</i>	204	180	120	204	120

Главная особенность технологии нанесения состоит в том, что нанесение осуществляется не только на внутреннюю поверхность НКТ, но и торцы, витки резьбы ниппеля НКТ, а также межниппельное пространство муфты. Таким образом, осуществляется полное покрывание внутренней поверхности трубы.

Успешно эксплуатируются трубы данной серии на таких предприятиях как ЗАО «ЛУКОЙЛ-АИК», ОАО «Новосибирскнефтегаз, ООО «Газпромнефть-Восток», ОАО «Томскнефть». Средний показатель увеличения наработки – в два раза. Покрытия были признаны пригодными для дальнейшей эксплуатации.

В заключении можно отметить, что защита от воздействия осложняющих факторов путем применения защитных покрытий является наиболее эффективным и распространенным способом. Общая эффективность применения складывается из увеличения ресурса работы НКТ, продления срока службы трубной продукции, уменьшения потерь продукта при транспортировке и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин, П. Е. Особенности эксплуатации насосно-компрессорных труб в условиях скважин коррозионного фонда / П. Е. Юдин. – Территория нефтегаз. – С. 50–51. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://npcsamara.ru/news/pokrytiy3\\_5.pdf](http://npcsamara.ru/news/pokrytiy3_5.pdf) (дата обращения 05.04.2020).

2. Владимиров, В. А. Разливы нефти: причины масштабы последствия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razlivy-nefti-prichiny-masshtaby-posledstviya/viewer> (дата обращения 05.04.2020).

3. Проскуркин, Е. В. Диффузионные цинковые покрытия нового поколения / Е. В. Проскуркин, М. П. Поликарпов, С. С. Арустамов, В. С. Евдоким. – Территория нефтегаз. – 2005. – № 2. – С. 14–16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.neftegas.info/upload/uf/a7d/a7d930cda73c1a40cb93beee18f1e221.pdf> (дата обращения 05.04.2020).

4. Проскуркин, Е. В. Эффективное покрытие для повышения эксплуатационной надежности труб в осложненных условиях нефтегазодобычи / Е. В. Проскуркин, В. И. Большаков, Т. А. Дергач, И. В. Петров, В. Б. Дмитриев. – С. 60–61. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_21245912\\_57917916.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_21245912_57917916.pdf) (дата обращения 05.04.2020).

5. Проскуркин, Е. В. Защитные покрытия, качество и долговечность труб / Е. В. Проскуркин. Государственный трубный институт им. Я. Е. Осады. – С. 73–77. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://www.emant.ru/userfiles/docs/8\\_docs.pdf](http://www.emant.ru/userfiles/docs/8_docs.pdf) (дата обращения 05.04.2020).